

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 01-217418

(43)Date of publication of application : 31.08.1989

(51)Int.Cl.

G02F 1/015

(21)Application number : 63-042200

(71)Applicant : KOKUSAI DENSHIN DENWA CO LTD  
<KDD>

(22)Date of filing : 26.02.1988

(72)Inventor : SUZUKI MASATOSHI  
AKIBA SHIGEYUKI  
TANAKA HIDEAKI  
UKO KATSUYUKI

## (54) OPTICAL MODULATION ELEMENT

## (57)Abstract:

PURPOSE: To attain rapid modulation at a low voltage even when the intensity of incident light is increased by gradually increasing an absorbing factor from the incident end face of an optical waveguide to its projecting end face and almost fixing the number of absorbing carriers per unit length in a light advancing direction.

CONSTITUTION: Forbidden width, layer thickness and stripe width are constituted so that the absorbing factor is reduced on the incident end side with large optical intensity and it is reduced on the projecting end face and the title optical modulating element is constituted so that the number of absorbing carriers per unit length is uniformed. Consequently, the high performance optical modulating element capable of executing rapid optical modulation at a low voltage without generating locally excess carriers even when the optical intensity is increased and without generating the increment of a modulation voltage or the reduction of the band width due to a space charge effect can be attained.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平1-217418

⑮ Int. Cl.<sup>4</sup>  
G 02 F 1/015

識別記号 庁内整理番号  
C-8106-2H

⑬ 公開 平成1年(1989)8月31日

審査請求 未請求 請求項の数 7 (全7頁)

⑭ 発明の名称 光変調素子

⑯ 特 願 昭63-42200

⑰ 出 願 昭63(1988)2月26日

⑱ 発 明 者 鈴木 正 敏 東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際電信電話株式会社内  
⑲ 発 明 者 秋 葉 重 幸 東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際電信電話株式会社内  
⑲ 発 明 者 田 中 英 明 東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際電信電話株式会社内  
⑲ 発 明 者 宇 高 勝 之 東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際電信電話株式会社内  
⑳ 出 願 人 国際電信電話株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目3番2号  
㉑ 代 理 人 弁理士 大塚 孝 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

光 変 調 素 子

2. 特許請求の範囲

- (1) 基板上に低不純物濃度の第1の伝導型を有する光導波路層と、該光導波路層よりも屈折率の小さな第1及び第2の伝導型を有するクラッド層と電極とを有し、該電極から前記光導波路層へ印加する電界によって前記光導波路の入射端面に入射する一定強度の入射光に対する吸収係数を変化させて光強度変調を行って前記光導波路の出射端面から変調光を取り出す光変調素子において、

前記光導波路の前記入射端面から前記出射端面ではほぼ均一な吸収キャリア数となるように前記入射端面から前記出射端面に向かって連続的もしくは段階的に前記入射光に対して吸収係数が大きくなるように前記光導波路を構成したこ

とを特徴とする光変調素子。

- (2) 基板上に低不純物濃度の第1の伝導型を有する光導波路層と、該光導波路層よりも屈折率の小さな第1及び第2の伝導型を有するクラッド層と電極とを有し、該電極から前記光導波路層へ印加する電界によって前記光導波路の入射端面に入射する一定強度の入射光に対する吸収係数を変化させて光強度変調を行って前記光導波路の出射端面から変調光を取り出す光変調素子において、

前記光導波路の前記入射端面から前記出射端面ではほぼ均一な吸収キャリア数となるように前記入射端面から前記出射端面に向かって連続的もしくは段階的に前記入射光に対して吸収係数が大きくなるようにし、かつ前記光導波路の層厚方向の禁制帯幅を該層厚方向の吸収係数がほぼ一定となるように連続的もしくは断続的に変化させて構成したことを特徴とする光変調素子。

- (3) 基板上に低不純物濃度の第1の伝導型を有する光導波路層と、該光導波路層よりも屈折率の

小なる第1及び第2の伝導型を有するクラッド層と電極とを有し、該電極から前記光導波路層へ印加する電界によって前記光導波路の入射端面に入射する一定強度の入射光に対する吸収係数を変化させて光強度変調を行って前記光導波路の出射端面から変調光を取り出す光変調素子において、

前記光導波路の前記入射端面から前記出射端面でほぼ均一な吸収キャリア数となるように前記入射端面から前記出射端面に向かって連続的もしくは段階的に前記入射光に対して吸収係数が大きくなるようにし、かつ前記光導波路の層厚方向の禁制帯幅を該層厚方向の吸収係数がほぼ一定となるように連続的もしくは断続的に変化させると共に、

前記光導波路層の禁制帯幅が前記入射光のエネルギーよりも平均的に50meV以上となるように構成したことを特徴とする光変調素子。

- (4) 前記光導波路の禁制帯幅を前記入射端面から前記出射端面に向かって連続的もしくは断続的

し、かつ該低不純物濃度で構成されたクラッド層の層厚を前記入射端面から前記出射端面に向かって連続的もしくは断続的に薄くすることにより、

前記光導波路の前記入射端面から前記出射端面でほぼ均一な吸収キャリア数となるように構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項、第2項記載又は第3項記載の光変調素子。

### 3. 発明の詳細な説明

#### (発明の技術分野)

本発明は外部から入射される光を変調する光変調素子に関するものである。

#### (従来技術とその問題点)

光ファイバ通信技術は光ファイバの超低損失性と光が本質的に有する超広帯域性を利用して進展し、伝送のますますの長距離化と大容量化の研究が世界的に進められている。光ファイバの損失が理論的な限界にまで達した今日では、特に伝送の高速化、大容量化の研究が重要になってきている。

に小さくすることにより、

前記光導波路の前記入射端面から前記出射端面でほぼ均一な吸収キャリア数となるように構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項、第2項記載又は第3項記載の光変調素子。

- (5) 前記光導波路の層厚を前記入射端面から前記出射端面に向かって連続的もしくは断続的に薄くすることにより、

前記光導波路の前記入射端面から前記出射端面でほぼ均一な吸収キャリア数となるように構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項、第2項記載又は第3項記載の光変調素子。

- (6) 前記光導波路のストライプ幅が前記入射端面から前記出射端面に向かって連続的もしくは断続的に大きくすることにより、

前記光導波路の前記入射端面から前記出射端面でほぼ均一な吸収キャリア数となるように構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項、第2項記載又は第3項記載の光変調素子。

- (7) 前記クラッド層の一部を低不純物濃度で構成

光信号を高速にオン・オフする技術としては、現在では一般に半導体レーザを直接変調する方法がとられている。しかし、直接変調方式では、発振素子である半導体レーザの電流を高速に変化させるため、発振波長が時間的に大きく変動し、結果的に発振スペクトル幅が変調帯域のスペクトル幅に比べて異常に大きく広がってしまうことになる。従って、長距離あるいは高速の伝送では、光ファイバの波長分散の影響を大きく受け、受信される光パルスが歪んでしまうため、良好な伝送特性が得られない。そこで、このような問題を避けるため、半導体レーザの出力は一定に保持し、外部の光変調素子で高速な変調を行う方法が近年検討されている。

光変調素子としては、 $\text{LiNbO}_3$ 等の強誘電体を用いた光変調素子やDPBレーザ等の単一波長半導体レーザとモノシリックに集積可能な光変調素子などが提案されているが、中でも後者の変調導波路に電界を印加して電気吸収効果により強度変調する電気吸収型光変調素子が最も有望視されている。

第1図は、従来の電気吸収型光変調素子の斜視図である。n型InP基板1の上に、n<sup>+</sup>-InGaAsP変調導波路層2、メサ状のp型InPクラッド層3及びp型InGaAsPキャップ層4が積層されており、さらに、p型電極5及びn型電極6がそれぞれp型InGaAsPキャップ層4とn型InP基板1に接するように形成されている。この光変調素子ではInGaAsP変調導波路層2に光を入射してp型電極5に印加するマイナスと、n型電極6に印加するプラスの電圧を変化させ、InGaAsP変調導波路層2の吸収係数を変化させることによって、出射光の強度を変調することができる。電気吸収型変調素子においては、低電圧で変調できること、高速変調可能なこと及び高速変調時のスペクトル広がり小さいことが重要である。今まで、InGaAsP変調導波路層2の禁制帯エネルギー $E_g$ に入射光フォトンエネルギー $h\nu$ が近いほど低電圧で吸収係数の変化が大きくとれ、かつ、素子長 $L$  (InGaAsP変調導波路層2の入射端面から出射端面までの長さ)を短くできるため、高速変調が可能でスペク

トル広がりも抑制できるとされていた。従って、従来では両者のエネルギー差 $\Delta E_g$  ( $E_g - h\nu$ )だけに着目し、エネルギー差 $\Delta E_g$ を30~40meVに設定すれば、高性能な光変調素子が実現されると考えられていた。しかし、従来の光変調素子では、入射光強度が約 $100\mu W$ 以下の場合には変調電圧、変調帯域幅及びスペクトル幅ともに良好な特性を示すものの、入射光の強度が0.1mW以上となるに従い、変調電圧が著しく増加し、又帯域幅も減少するということが明らかになった。

以上述べたように、従来の電気吸収型光変調素子では、入射光強度が小さい場合には低電圧変調、高速動作及び狭スペクトル動作が可能なものの、実用レベルの数mWまで入射光強度を増大させた場合には、これらの特性が著しく劣化するという欠点があった。

#### (発明の目的及び特徴)

本発明は、上述した従来技術の問題点を解決するためになされたもので、入射光強度が増大しても低電圧で高速の変調が可能な光変調素子を実現

することを目的とする。

本発明の第1の特徴は、光導波路の入射端面から出射端面に向かって、吸収係数が大きくなるように光導波路組成、膜厚、ストライプ幅等を変え、単位長さ当りの吸収キャリア数を光進行方向についてほぼ一定となるよう構成した点にある。

本発明の第2の特徴は、第1の特徴に加え光導波路層の層厚方向の禁制帯幅を連続的もしくは断続的に変化させて構成した点にある。

本発明の第3の特徴は、第1及び第2の特徴に加え、光導波路層の禁制帯幅エネルギーが入射光エネルギーよりも平均的に50meV以上とした点にある。

#### (発明の原理)

入射光強度が増大した場合に現れる変調電圧の増大及び帯域劣化の現象などの特性劣化を詳細に検討した結果、光導波路層の禁制帯幅 $E_g$ と入射光フォトンエネルギー $h\nu$ のエネルギー差( $\Delta E_g = E_g - h\nu$ )に強く依存し、エネルギー差 $\Delta E_g$ を50meV以下では特性劣化が生じる。又、素子長

依存性については、0.3mmから2.5mmまで素子長を変えても、 $\Delta E_g$ が30~40meVの場合には、殆ど変化が見られず特性劣化していることが、同一発明者が同日出願した特許出願「光変調素子」(1)により確認されている。

以上の実験結果は、入射光強度が大きい場合に、入射端近傍の非常に光強度が強いわずかな領域でのみ、過剰キャリアによる空間電界効果が生じ、電界強度を弱め、又変調速度を遅くしていることを示している。この過剰キャリアによる空間電界効果を抑制するひとつの手段として、光導波路層の層厚方向(電圧印加方向)における電界強度分布を補正するために、光導波路層の層厚方向の禁制帯幅を連続的もしくは断続的に変える構成について「光変調素子」(2)として同一発明者が同日出願している。ここでは空間電界効果を抑制し、低変調電圧でかつ高速の変調が可能な他の手段について述べる。

本発明の原理について、以下に説明する。

光変調器への入射光強度を $I_0$ 、吸収係数を

$\alpha$ 、光導波路の光閉じ込め係数を $\Gamma$ とすると、入射端面から距離 $x$ の点での光強度 $I(x)$ は、

$$I(x) = I_0 e^{-\alpha x} \quad (1)$$

と表わすことができ、単位長当りの吸収量は、

$$\frac{\alpha I(x)}{\alpha x} = -\alpha \Gamma I(x) \quad (2)$$

となる。式(2)は、単位長当りに吸収されるキャリア数に比例する。すなわち、従来の光変調素子では、 $\alpha$ 及び $\Gamma$ は一定であるため、単位長当りの吸収キャリアは、ほぼ $I(x)$ に比例し、入射端近傍では吸収キャリア数が、出射端近傍の吸収キャリア数に比べて異常に大きくなっている。入射光強度が小さい場合には、吸収キャリアの場所的に不均一があっても、バンド構造に影響を与えないので問題とはならないが、入射光強度が大きくなると、入射端近傍で吸収された過剰な吸収キャリアが、印加電界を打ち消し、変調電圧や変調速度に影響を与える。

制帯幅は、 $1.55\mu\text{m}$ の入射光エネルギーより $60\text{meV}$ 大きくし、光導波路層8及び9の禁制帯幅は、それぞれ $55\text{meV}$ 、 $50\text{meV}$ 大きくしてある。ストライプ幅を $3\mu\text{m}$ とすると、 $\Gamma \approx 0.77$ 、 $2\text{V}$ 印加時で導波路層内平均電界強度は $72\text{KV}/\text{cm}$ 、光導波路層7、8、9の吸収係数は、 $\alpha = 50\text{cm}^{-1}$ 、 $100\text{cm}^{-1}$ 及び $150\text{cm}^{-1}$ である。入射端側の光導波路層7での吸収係数は小さいため、入射端近傍で局所的に過剰な吸収キャリアを発生し、空間電荷効果を誘発することはない。又、光が光導波路層8及び9へ入射する時点では光強度はそれぞれ46%及び10%と小さくなっているため、吸収係数が大きくなっても、吸収キャリア数は増大しない。

本発明による構成によれば、出射端での消光比は、変調電圧が $2\text{V}$ で $20\text{dB}$ 以上とれ、帯域幅は約 $10\text{GHz}$ となり、高強度入射時にも特性劣化のない高性能光変調素子を実現される。

#### (実施例2)

第3図は本発明による第2の実施例であり、光変調素子の側面図である。実施例1では、入射端

そこで、本発明者らは、式(2)の $\alpha \Gamma I(x)$ がほぼ一定となるようにし、光導波路の入射端から出射端で吸収される吸収キャリア数をほぼ同じにすれば、場所的の過剰キャリアを発生せずに効率的な光変調が可能となると考えた。すなわち、光量が多い所では、吸収係数 $\alpha$ 又は光閉じ込め係数 $\Gamma$ を小さくし、光量が少ない所では、吸収係数 $\alpha$ 又は $\Gamma$ を大きくすれば、高強度光入射時にも帯域劣化や変調電圧の増加がない高性能光変調素子を実現される。

#### (発明の構成及び作用)

以下に図面を用いて本発明を詳細に説明する。

#### (実施例1)

第2図は、本発明による第1の実施例であり、光変調素子の側面図である。従来例と異なる点は光導波路層が均一領域でなく、入射端から出射端に向かって、禁制帯幅が小さくなっている3つの $n\text{-InGaAsP}$ 光導波路層7、8及び9に分割されている点にある。厚さは $0.45\mu\text{m}$ 、各導波路層の長さは $200\mu\text{m}$ である。入射端側の光導波路層7の禁

から出射端に向けて光導波路層の組成を変えて吸収係数を増加させているのに対し、本実施例では導波路層厚を変えて導波路層電界強度を変化させ、吸収係数が増大するように構成している。 $n\text{-InGaAsP}$ 変調導波路層10、11、12の禁制帯幅は、 $1.55\mu\text{m}$ の入射光フォトンエネルギーよりも、 $55\text{meV}$ 大きくしてある。また、ストライプ幅は $3\mu\text{m}$ 、各導波路層10、11及び12の長さは実施例1と同様 $200\mu\text{m}$ である。光導波路層の10、11、12の膜厚を $0.7\mu\text{m}$ 、 $0.45\mu\text{m}$ 及び $0.4\mu\text{m}$ とし、 $2\text{V}$ 印加時の電界強度を $45\text{KV}/\text{cm}$ 、 $72\text{KV}/\text{cm}$ 及び $80\text{KV}/\text{cm}$ と変え、各導波路層10、11、12の吸収係数を、 $50\text{cm}^{-1}$ 、 $100\text{cm}^{-1}$ 及び $150\text{cm}^{-1}$ としている。光閉じ込め係数が光導波路層10、11、12で、 $\Gamma = 0.89$ 、 $0.77$ 及び $0.73$ と変化する事を考慮すると、光導波路層11及び12に入射する光強度は44%、9%となり、出射端における消光比は $2\text{V}$ で約 $20\text{dB}$ となる。本構成においても、光量の多い入射端近傍では吸収係数が小さく、又、吸収係数の大きい出射端近傍では光量が少なくなっているため、局所的過剰キャリ

アを発生することがなく、実施例1と同様高強度入射時の特性劣化は生じない。

#### (実施例3)

第4図は、本発明による第3の実施例であり、光変調素子の側面図である。実施例2と同様に本実施例でも、吸収係数の変化を電界強度の変化で実現している。実施例2と異なる点は、 $n^-$ -InGaAsP光導波路層13の膜厚は $0.4\mu\text{m}$ で一定であり、InGaAsP光導波路層13とInP基板1の間に厚さが異なる $n^-$ -InP層14、15を挿入し、導波路層内電界強度を変化させている点である。 $n^-$ -InP層14及び15の厚さをそれぞれ $0.3\mu\text{m}$ 及び $0.05\mu\text{m}$ とすれば、実施例2と同様の効果が得られ、高強度の光入射時にも特性劣化のない光変調素子を実現される。

#### (実施例4)

第5図は本発明による第4の実施例であり、光変調素子の模式図である。

$n^-$ -InGaAsP光導波路層13の禁制帯幅と膜厚は実施例3と同様である。入射端から出射端へ向か

り同日出願されている光変調素子と組み合わせた場合の例について説明する。

まず、組み合わせの具体例を述べる前に同日出願されている2件の光変調素子の概要について説明する。

第1の光変調素子の概要は光導波路層の禁制帯幅 $E_g$ と入射光のフォトンエネルギー $h\nu$ とのエネルギー差 $\Delta E_g (= E_g - h\nu)$ を $50\text{meV}$ 以上とし、かつ光変調素子の素子長を予め定めた長さに構成することにある。ここで、本発明と組み合わせる場合には、層厚方向もしくは入射端面から出射端面方向の禁制帯幅を変化させているため、入射端面側と出射端面側でエネルギー差 $\Delta E_g$ が異なるが、その平均値であるエネルギー差 $\Delta E_g$ が $50\text{meV}$ 以上となる条件があれば良い。

第2の光変調素子の概要は、光導波路層中の電界強度分布を補正して層厚方向の吸収係数が一定となるように層厚方向における導波路層の禁制帯幅を連続的もしくは断続的に変えることにより、光分布と吸収係数の重なりを大きくして変調電圧

によって吸収係数を変えることを、本実施例では、ストライプ幅を変化させ、光閉じ込め係数を変化させることによって実現している。

ストライプ幅は、入射端から、出射端へ向かう3つの領域で、それぞれ $1\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ 及び $4\mu\text{m}$ として、光閉じ込め係数を $\Gamma=0.48$ 、 $0.73$ 、 $0.84$ と変化させている。2V印加時の実効的吸収係数は、ストライプ幅1、2及び $4\mu\text{m}$ 、領域で $48\text{cm}^{-1}$ 、 $73\text{cm}^{-1}$ 及び $86\text{cm}^{-1}$ である。各領域長を $150\mu\text{m}$ 、 $200\mu\text{m}$ 、 $250\mu\text{m}$ とすれば、ストライプ幅 $2\mu\text{m}$ 及び $4\mu\text{m}$ に入射する光強度はそれぞれ入射端の強度の48%、11%となり、実施例3と同様、高光強度入射時にも特性劣化のない高性能光変調素子を実現される。

上述の説明では、光導波路の吸収係数を入射端から出射端に向かって3段階でかつ段階的に大きくする場合を例にとり説明したが、2段階以上又は連続的に変化させる場合にも、本発明が適用できる。また、前述した実施例1～4のうち複数を組合わせても良い。

次に本発明の他の実施例として、同一出願人よ

の低下と素子長短縮による広帯域化を図った点にある。又、同時に、吸収係数を均一化することにより、高光強度入射時に問題となる局所的過剰キャリアによる空間電荷効果を抑制しているものである。

従って、本発明による光変調素子を第3の光変調素子とした場合、第1と第2の組み合わせによる光変調素子、第1と第3の組み合わせによる光変調素子、第2と第3の組み合わせによる光変調素子、第1、第2及び第3の組み合わせによる光変調素子の4種類の組み合わせが可能となる。

以下に、第1、第2及び第3の組み合わせによる光変調素子を例にとり説明する。

#### (実施例5)

第6図に本発明による第5の実施例の側面図を示す。

p-InP基板16上に、入射光のエネルギーより $60\text{meV}$ 大きい禁制帯幅を持つ $n^-$ -InGaAsP光導波路層( $0.2\mu\text{m}$ 積層)17を $200\mu\text{m}$ の領域にわたり形成し、続いて、 $\Delta E_g=55\text{meV}$ の禁制帯を持つ $n^-$

InGaAsP光導波路層(0.2 $\mu$ m厚)18を400 $\mu$ mの領域にわたり形成している。更に、 $\Delta E_g=50$ meVの禁制帯を持つn<sup>+</sup>-InGaAsP光導波路層19を600 $\mu$ mにわたり形成し、最後にn-InPクラッド層20を積層している。すなわち、本実施例では、同日出願した他の2件の光変調素子とを全て組み合わせたもので、層厚方向(電圧印加方向)での電界強度の違いによって生ずる吸収係数の違いを補正し層厚方向の吸収係数を一定とすると共に、入射端から出射端に向けての吸収係数を大きくなるように膜厚(従って電界強度)及び組成を変え長手方向の吸収の均一化を図り、かつ各光導波路層17, 18, 19の禁制帯幅が入射エネルギー( $h\nu$ )より50meV以上となるように形成されている。従って、光変調素子の吸収領域の殆どすべての場所で、吸収の均一化が図られており、高入射光強度下でも高速、低電圧変調が可能な光変調素子が実現される。

なお、実施例5では、第1、第2及び第3の光変調素子の組み合わせを例にとり説明したが、他

低電圧で高速の光変調が可能な高性能光変調素子を実現することができる。また、入射端面から出射端面に向かって吸収係数を大きくするのに加え、光導波路の層厚方向の禁制帯幅を層厚方向の吸収係数が一定となるように連続的もしくは断続的に変化させて構成することにより、低変調電圧で高速の変調が可能となる。さらに、入射端面から出射端面に向かって吸収係数を大きくし、層厚方向の光導波路層の禁制帯幅を変化させるのに加え、光導波路層の禁制帯幅が入射光の光子エネルギーよりも平均的に50meV以上となるように構成することにより、より低変調電圧で高速の変調が可能となる。

また、入射端面から出射端面に向かって吸収係数を大きくする方法として、禁制帯幅を小さくして行く方法は精密でかつ正確にできる効果を、層厚を薄くする方法及びストライプ幅を大きくする方法は製造方法が簡単であるという効果を有する。この光変調素子はギガビット帯の超高速、長距離光ファイバ通信等に適用することができ、その効

の3種類の組み合わせでも良い。

光導波路層の伝導性はp<sup>+</sup>型でも良い。又、材料系としては、InGaAsP/InP系を例にとり説明したが、AlGaAs/GaAs系や、AlGaAs/InP系などの他の材料にも同様に適用できる。更に、それらの他の材料で構成される多重量子井戸層を用いることもでき、その場合説明で用いた禁制帯幅は、量子準位で定まる実効的な禁制帯幅となる。又、横モード安定化のためのストライプ構造についてはストリップ装荷型を例にとり説明したが、埋め込みストライプ構造や、リッジ導波路ストライプ構造等の従来の技術がすべて適用可能である。(発明の効果)

以上述べたように、本発明では光強度の大きい入射端側では吸収係数が小さく、出射端側では吸収係数を大きくするよう構成し、単位長当りの吸収キャリア数が均一化されるように光変調素子を構成しているため、光強度を増大しても局所的な過剰キャリアを発生し、空間電荷効果により変調電圧の増加や帯域幅の減少をもたらすことがなく、

果は極めて大である。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は従来の電気吸収型光変調素子の模式図、第2図、第3図及び第4図は本発明による第1、第2、第3の実施例としての光変調素子の構造を示す側面図、第5図は本発明による第4の実施例である光変調素子の模式図、第6図は本発明による第5の実施例である光変調素子の側面図である。

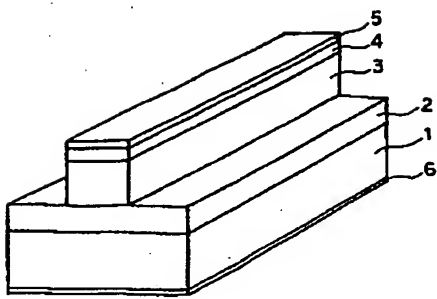
1…n-InP基板、2…n<sup>+</sup>-InGaAsP光導波路層、3…p-InPクラッド層、4…p-InGaAsPキャップ層、5…p側電極、6…n側電極、7, 8, 9, 10, 11, 12, 13…n<sup>+</sup>-InGaAsP光導波路層、14, 15…n<sup>+</sup>-InP層、16…p-InP基板、17, 18, 19…n<sup>+</sup>-InGaAsP光導波路層、20…n-InP層。

特許出願人 国際電信電話株式会社

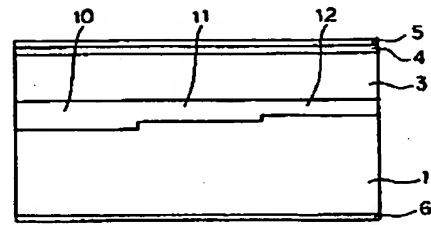
代理人 井理士大塚 学

外1名

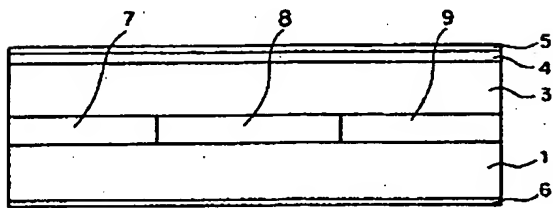
第1図



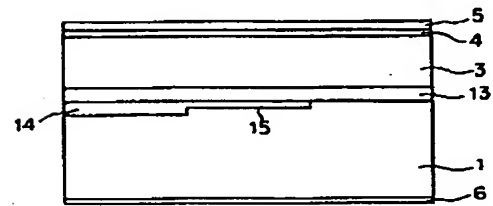
第3図



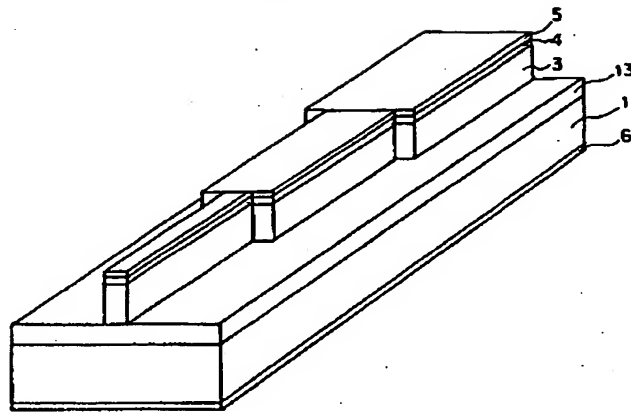
第2図



第4図



第5図



第6図

